

日 本 国 特 許 庁 21.03.01
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

09/926362
2000年 7月 4日

REC'D 18 MAY 2001

WIPO PCT

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-202826

出 願 人
Applicant(s):

イビデン株式会社

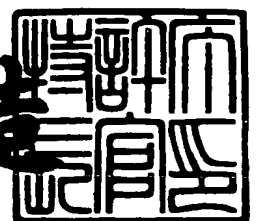
JP01/1406
E K U

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2001年 4月27日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3034710

【書類名】 特許願

【整理番号】 H12YAHP041

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/66

【発明者】

 【住所又は居所】 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1 - 1 イビデン株式会社内

 【氏名】 平松 靖二

【発明者】

 【住所又は居所】 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1 - 1 イビデン株式会社内

 【氏名】 伊藤 康隆

【特許出願人】

 【識別番号】 000000158

 【氏名又は名称】 イビデン株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100086586

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 安富 康男

【選任した代理人】

 【識別番号】 100104813

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 古谷 信也

【選任した代理人】

 【識別番号】 100108431

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 村上 加奈子

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 033891

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705255

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 セラミックヒータ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 抵抗発熱体がセラミック基板の内部または表面に形成されたセラミックヒータであって、

前記セラミック基板のセラミック粒子の平均粒子径が、 $2\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするセラミックヒータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、主に、半導体の製造や検査のために用いられるセラミックヒータ（ホットプレート）に関する。

【0002】

【従来の技術】

エッチング装置や、化学的気相成長装置等を含む半導体製造・検査装置等においては、従来、ステンレス鋼やアルミニウム合金などの金属製基材を用いたヒータやウエハプロバ等が用いられてきた。

【0003】

ところが、このような金属製のヒータは、以下のような問題があった。

まず、金属製であるため、ヒータ板の厚みは、 15mm 程度と厚くしなければならない。なぜなら、薄い金属板では、加熱に起因する熱膨張により、反り、歪み等が発生してしまい、金属板上に載置したシリコンウエハが破損したり傾いたりしてしまうからである。しかしながら、ヒータ板の厚みを厚くすると、ヒータの重量が重くなり、また、嵩張ってしまうという問題があった。

【0004】

また、発熱体に印加する電圧や電流量を変えることにより、加熱温度を制御するのであるが、金属板が厚いために、電圧や電流量の変化に対してヒータ板の温度が迅速に追従せず、温度制御しにくいという問題もあった。

【0005】

そこで、特開平 1 1 - 4 0 3 3 0 号公報等には、基板として、熱伝導率が高く、強度も大きい窒化物セラミックや炭化物セラミックを使用し、これらのセラミックからなる板状体（セラミック基板）の表面に、金属粒子を焼結して形成した発熱体を設けてなるセラミックヒータが開示されている。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

このようなセラミックヒータでは、加熱の際に熱膨張しても、セラミック基板に反り、歪み等は発生しにくく、印加電圧や電流量の変化に対する温度追従性も良好であった。

【 0 0 0 7 】

しかしながら、このようなセラミックヒータを用いてシリコンウエハ等の被加熱物を加熱すると、セラミック基板からセラミック粒子が脱落してこれがシリコンウエハ等の被加熱物に付着してパーティクルとなり、シリコンウエハ上に形成される回路の短絡や断線等を発生させるため、不良発生の原因となることがあった。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、上述した問題点に鑑み、セラミック基板からセラミック粒子が脱落し、シリコンウエハ等の被加熱物を汚染することがないセラミックヒータを得ることを目的として鋭意研究を行った結果、セラミック基板を構成するセラミック粒子の平均粒子径を $2 \mu\text{m}$ 以下に制御することにより、シリコンウエハ等の被加熱物の汚染を防止することができることを見出し、本発明を完成させたものである。

【 0 0 0 9 】

すなわち本発明は、抵抗発熱体がセラミック基板の内部または表面に形成されたセラミックヒータであって、
上記セラミック基板のセラミック粒子の平均粒子径が、 $2 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするセラミックヒータである。

【 0 0 1 0 】

セラミックヒータを昇温させシリコンウエハ等の被加熱物を加熱すると、セラミック基板から脱落するパーティクルがシリコンウエハ等の被加熱物に付着する。セラミック基板を構成するセラミック粒子の平均粒子径が十分に小さいと、脱落するパーティクルの粒子径も小さく、このようなパーティクルはシリコンウエハ等の被加熱物に付着してもあまり問題とならないが、上記セラミック粒子がある程度大きいと、脱落するパーティクルの粒子径も大きく、このようなパーティクルが付着したシリコンウエハ等の被加熱物は、所謂、汚染されたものとなり使用することができない。

【0011】

しかしながら、本発明のセラミックヒータは、上記の通り、セラミック基板のセラミック粒子の平均粒子径を、 $2\mu\text{m}$ 以下に調整している。この場合、セラミック基板は、粒子内破壊となる場合が多く、粒子も脱落しにくく、脱落するパーティクルの平均粒子径も $2\mu\text{m}$ 以下と小さい。

このように小さなパーティクルが、シリコンウエハ等に少量付着しても大きな問題となりにくく、このため、本発明のセラミックヒータを用いることにより、シリコンウエハ等の被加熱物を良好に加熱することができる。

【0012】

【発明の実施の形態】

本発明のセラミックヒータは、抵抗発熱体がセラミック基板の内部または表面に形成されたセラミックヒータであって、

上記セラミック基板のセラミック粒子の平均粒子径が、 $2\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

【0013】

図1は、本発明のセラミックヒータの一例を模式的に示す底面図であり、図2はその一部を示す部分拡大断面図である。

セラミック基板11は、円板状に形成されており、抵抗発熱体12は、セラミック基板11のウエハ加熱面11aの全体の温度が均一になるように加熱するため、セラミック基板11の底面11bに同心円状のパターンに形成されている。

【0014】

また、これら発熱体 1 2 は、互いに近い二重の同心円同士が 1 組として、1 本の線になるように接続され、その両端に入出力の端子となる外部端子 1 3 が金属被覆層 1 2 a を介して接続されている。また、中央に近い部分には、シリコンウエハ 9 を運搬等するリフターピン 1 6 を挿通するための貫通孔 1 5 が形成され、さらに、測温素子 1 8 を挿入するための有底孔 1 4 が形成されている。

【0 0 1 5】

なお、図 1 ～ 2 に示したセラミックヒータ 1 0 において、抵抗発熱体 1 2 はセラミック基板 1 1 の底部に設けられているが、セラミック基板 1 1 の内部に設けられていてもよい。以下、本発明のセラミックヒータを構成する部材等について詳細に説明する。

【0 0 1 6】

本発明のセラミックヒータ 1 0 において、セラミック基板 1 1 は、シリコンウエハ 9 に、パーティクルが付着して汚染することを防止するため、そのセラミック粒子の平均粒子径が、 $2\ \mu\text{m}$ 以下になるように調整されており、このように粒度が調整されたセラミック基板 1 1 は、粒子内破壊となることが多く、粒子も脱落しにくい。

従って、このような微細な粒子が極少量シリコンウエハ 9 に付着しても、セラミック基板上に載置したシリコンウエハ 9 に問題は発生しにくく、良好にシリコンウエハ等を加熱することができる。

【0 0 1 7】

本発明では、セラミック粒子を焼成する際、その焼成温度を一定の範囲内に保つことにより、セラミック基板のセラミック粒子の平均粒子径を $2\ \mu\text{m}$ 以下に制御することができる。

上記セラミック基板を製造する際の焼成温度としては、 1600°C 以上 1800°C 未満であることが望ましい。このような範囲の温度で焼成することにより、セラミック粒子の粒成長を抑えることができるとともに、セラミック粒子を焼結させることができる。

【0 0 1 8】

また、通常、セラミック粒子の焼結性を高めるためにイットリア (Y_2O_3) 等

の焼結助剤を添加するが、本発明では、添加するイットリアの量は、セラミック原料 1 0 0 重量部に対して、1. 0 重量部以下にすることが望ましい。焼結助剤は通常、粒子境界に存在して欠陥となり、高温での曲げ強度等の強度低下を招く場合があるからである。このようにして焼成されたセラミック焼結体は、その破壊断面が粒子内破壊となる。

【0 0 1 9】

上記粒子内破壊とは、破壊断面を観察した際、セラミック粒子間の境界ではなく、セラミック粒子の内部で破壊が生じている場合を指し、粒内破壊と同義である。

セラミック基板は、その破壊断面が粒子内破壊となるように焼結されていると、粒子の脱落が少なく、パーティクルが発生しにくく、また、粒子間に障壁が殆どなく、高温での強度が高くなる。

本発明では、破壊断面が粒子内破壊となっているかどうかは、焼結体を破断させた後、破断面を 2 0 0 0 ~ 5 0 0 0 倍の電子顕微鏡等で観察することにより確認することができる。

【0 0 2 0】

また、焼結を行う際に用いるセラミック粉末の平均粒子径は、0. 2 ~ 1. 5 μ m 程度が好ましい。平均粒子径が 0. 2 μ m 未満と小さすぎると成形体の高密度が低下しすぎて焼結が良好に進行しにくくなったり、異常粒成長が発生し、一方、平均粒子径が 1. 5 μ m を超えると、得られる焼結体の粒子径が 2 μ m を超えてしまう。

【0 0 2 1】

上記条件で焼成を行うことにより得られるセラミック基板は、0. 0 5 ~ 1 0 重量%の酸素を含有していることが望ましい。0. 0 5 重量%未満では、焼結が進まず粒子境界で破壊が生じ、また、欠陥が生ずるため、高温での曲げ強度が低下し、一方、酸素量が 1 0 重量%を超えると、粒子境界に偏析した酸素等が欠陥となり、やはり高温での曲げ強度が低下するからである。

【0 0 2 2】

本発明では、セラミック基板は、酸素を含有するとともに、最大気孔の気孔径が

50 μ m以下であることが望ましく、気孔率は5%以下が望ましい。また、上記セラミック基板には、気孔が全く存在しないか、気孔が存在する場合は、その最大気孔の気孔径は、50 μ m以下であることが望ましい。

【0023】

気孔が存在しない場合は、高温での耐電圧が特に高くなり、逆に気孔が存在する場合は、破壊靱性値が高くなる。このためどちらの設計にするかは、要求特性によって変わるのである。

気孔の存在によって破壊靱性値が高くなる理由が明確ではないが、クラックの進展が気孔によって止められるからであると推定している。

【0024】

本発明で、最大気孔の気孔径が50 μ m以下であることが望ましいのは、気孔径が50 μ mを超えると高温、特に200℃以上での耐電圧特性を確保するのが難しくなるからである。

最大気孔の気孔径は、10 μ m以下が望ましい。200℃以上での反り量が小さくなるからである。

【0025】

気孔率や最大気孔の気孔径は、焼結時の加圧時間、圧力、温度、SiCやBNなどの添加物で調整する。SiCやBNは焼結を阻害するため、気孔を導入させることができる。

【0026】

最大気孔の気孔径を測定する際には、試料を5個用意し、その表面を鏡面研磨し、2000～5000倍の倍率で表面を電子顕微鏡で10箇所撮影する。そして、撮影された写真で最大の気孔径を選び、50ショットの平均を最大気孔の気孔径とする。

【0027】

また、セラミック基板の気孔率は、0または5%以下が好ましい。上記気孔率はアルキメデス法により測定する。焼結体を粉碎して有機溶媒中あるいは水銀中に粉碎物を入れて体積を測定し、粉碎物の重量と体積から真比重を求め、真比重と見かけの比重とから気孔率を計算するのである。

高温での熱伝導率の低下、反りの発生を抑制することができるからである。

【 0 0 2 8 】

また、セラミック基板の厚さは、20 mm以下であることが望ましい。セラミック基板の厚さが20 mmを超えると、セラミック基板の熱容量が大きすぎる場合があり、特に、温度制御手段を設けて加熱、冷却すると、熱容量の大きさに起因して温度追従性が低下するからである。また、その厚さは、0.5 mm以上であることが望ましい。0.5 mmより薄いと、セラミック基板の強度自体が低下するため破損しやすくなる。より望ましくは、1.5を超え5 mm以下である。5 mmより厚くなると、熱が伝搬しにくくなり、加熱の効率が低下する傾向が生じ、一方、1.5 mm以下であると、セラミック基板中を伝搬する熱が十分に拡散しないため加熱面に温度のばらつきが発生することがあり、また、セラミック基板の強度が低下して破損する場合があるからである。

【 0 0 2 9 】

上記セラミック基板は、その直径は190 mmを超えるものが望ましい。特に12インチ(300 mm)以上であることが望ましい。次世代のシリコンウエハの主流となるからである。

また、セラミック基板は、円板であることが望ましい。通常、シリコンウエハ等の円形の被加熱物を加熱するからである。

【 0 0 3 0 】

本発明のセラミックヒータでは、シリコンウエハ9等の被加熱物をセラミック基板11の加熱面11aに接触させた状態で載置して加熱するほか、図2に示すように、セラミック基板11に貫通孔15を設け、この貫通孔15にリフターピン16を挿入し、このリフターピン16でシリコンウエハ9等の被加熱物を保持することにより、セラミック基板11より一定の距離離間させた状態で被加熱物を加熱してもよい。

【 0 0 3 1 】

また、このリフターピン16を上下させることにより、搬送機からシリコンウエハ9等の被加熱物を受け取ったり、被加熱物をセラミック基板11上に載置したり、被加熱物を支持したまま加熱したりすることができる。

【 0 0 3 2 】

さらに、セラミック基板に凹部や貫通孔等を形成し、この凹部等に先端が尖塔状または半球状の支持ピンを先端がセラミック基板の表面よりわずかに突出した状態で挿入、固定し、シリコンウエハ 9 等の被加熱物をこの支持ピンで支持することにより、セラミック基板との間に一定の間隔を保って保持してもよい。

【 0 0 3 3 】

図 3 は、本発明の他の実施形態である、セラミック基板の内部に抵抗発熱体が形成されたセラミックヒータの抵抗発熱体の近傍を模式的に示した部分拡大断面図である。

【 0 0 3 4 】

図示はしていないが、図 1 に示したセラミックヒータ 1 0 と同様に、セラミック基板 2 1 は、円板形状に形成されており、抵抗発熱体 2 2 は、セラミック基板 2 1 の内部に、図 1 に示したパターンと同様のパターン、すなわち、同心円形状のパターンに形成されている。

【 0 0 3 5 】

また、抵抗発熱体 2 2 の端部の直下には、スルーホール 2 8 が形成され、さらに、このスルーホール 2 8 を露出させる袋孔 2 7 が底面 2 1 b に形成され、袋孔 3 7 には外部端子 2 3 が挿入され、ろう材 2 4 で接合されている。

また、図 3 には示していないが、外部端子 2 3 には、例えば、導電線を有するソケットが取り付けられ、この導電線は電源等と接続されている。

【 0 0 3 6 】

このような内部に抵抗発熱体 2 2 が形成されたセラミックヒータにおいても、セラミック基板のセラミック粒子の平均粒子径を $2\mu\text{m}$ 以下に調整することにより、シリコンウエハ 9 に付着するパーティクルの平均粒子径を $2\mu\text{m}$ 以下と小さなものとすることができる。従って、このようなパーティクルが極少量シリコンウエハ 9 に付着しても、問題となりにくい。

【 0 0 3 7 】

本発明のセラミックヒータにおいて、セラミック基板の表面に抵抗発熱体を設ける場合は、加熱面は抵抗発熱体形成面の反対側であることが望ましい。セラミッ

ク基板が熱拡散の役割を果たすため、加熱面の温度均一性を向上させることができるからである。

【 0 0 3 8 】

また、上記抵抗発熱体をセラミック基板の内部に形成する場合は、上記抵抗発熱体は、加熱面の反対側の面から厚さ方向に 6 0 % 以下の位置に形成されていることが望ましい。6 0 % を超えると、加熱面に近すぎるため、上記セラミック基板内を伝搬する熱が十分に拡散されず、加熱面に温度のばらつきが発生してしまうからである。

【 0 0 3 9 】

抵抗発熱体をセラミック基板の内部に形成する場合には、抵抗発熱体形成層を複数層設けてもよい。この場合は、各層のパターンは、相互に補完するようにどこかの層に抵抗発熱体が形成され、加熱面の上方から見ると、どの領域にもパターンが形成されている状態が望ましい。このような構造としては、例えば、互いに千鳥の配置になっている構造が挙げられる。なお、抵抗発熱体をセラミック基板の内部に設け、かつ、その抵抗発熱体を一部露出させてもよい。

【 0 0 4 0 】

本発明のセラミックヒータ 1 0 では、セラミック基板 1 1 の材料としてセラミックを使用している。これは、セラミックは、熱膨張係数が金属より小さく、また、機械的強度に優れるため、薄くしても、加熱により反ったり歪んだりせず、セラミック基板 1 1 を薄くて軽いものとすることができるからである。

【 0 0 4 1 】

また、セラミック基板 1 1 の熱伝導率が高く、またセラミック基板 1 1 自体薄い
ため、熱容量が小さくなり、その結果、セラミック基板 1 1 の表面温度が、抵抗
発熱体 1 2 の温度変化に迅速に追従する。即ち、電圧、電流量を変えて抵抗発熱
体 1 2 の温度を変化させることにより、セラミック基板 1 1 の表面温度を良好に
制御することができるのである。

【 0 0 4 2 】

上記セラミックとしては特に限定されず、例えば、窒化物セラミック、炭化物セ
ラミックおよび酸化物セラミック等を挙げることができる。

セラミック基板 1 1 の材料として、これらのなかでは、窒化物セラミックを用いる場合に、特に、セラミックヒータが上記特性に優れる。

【 0 0 4 3 】

上記窒化物セラミックとしては、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素、窒化チタン等が挙げられる。また、上記炭化物セラミックとしては、炭化珪素、炭化チタン、炭化硼素等が挙げられる。さらに、上記酸化物セラミックとしては、アルミナ、コージェライト、ムライト、シリカ、ベリリア等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2 種以上を併用してもよい。

これらのなかでは、窒化アルミニウムが最も好ましい。熱伝導率が $180 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ と最も高いからである。

【 0 0 4 4 】

また、上記セラミック材料は、焼結助剤を含有していてもよい。上記焼結助剤としては、例えば、アルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属酸化物、希土類酸化物等が挙げられる。これらの焼結助剤のなかでは、 CaO 、 Y_2O_3 、 Na_2O 、 Li_2O 、 Rb_2O が好ましい。これらの含有量としては、セラミック材料 1 0 0 重量部に対して、0. 1 ～ 0. 5 重量部が好ましい。また、アルミナを含有していてもよい。

【 0 0 4 5 】

上記セラミック基板は、明度が J I S Z 8 7 2 1 の規定に基づく値で N 4 以下のものであることが望ましい。このような明度を有するものが輻射熱量、隠蔽性に優れるからである。また、このようなセラミック基板は、サーモビュアにより、正確な表面温度測定が可能となる。

【 0 0 4 6 】

ここで、明度の N は、理想的な黒の明度を 0 とし、理想的な白の明度を 1 0 とし、これらの黒の明度と白の明度との間で、その色の明るさの知覚が等歩度となるように各色を 1 0 分割し、N 0 ～ N 1 0 の記号で表示したものである。

そして、実際の測定は、N 0 ～ N 1 0 に対応する色票と比較して行う。この場合の小数点 1 位は 0 または 5 とする。

【 0 0 4 7 】

このような特性を有するセラミック基板は、セラミック基板中にカーボンを100～5000ppm含有させることにより得られる。カーボンには、非晶質のものと結晶質のものとがあり、非晶質のカーボンは、セラミック基板の高温における体積抵抗率の低下を抑制することでき、結晶質のカーボンは、セラミック基板の高温における熱伝導率の低下を抑制することができるため、その製造する基板の目的等に応じて適宜カーボンの種類を選択することができる。

【0048】

非晶質のカーボンは、例えば、C、H、Oだけからなる炭化水素、好ましくは、糖類を、空气中で焼成することにより得ることができ、結晶質のカーボンとしては、グラファイト粉末等を用いることができる。

また、アクリル系樹脂を不活性雰囲気下で熱分解させた後、加熱加圧することによりカーボンを得ることができるが、このアクリル系樹脂の酸価を変化させることにより、結晶性（非晶性）の程度を調整することもできる。

【0049】

本発明では、必要に応じて、セラミック基板に熱電対を埋め込んでおくことができる。熱電対により抵抗発熱体の温度を測定し、そのデータをもとに電圧、電流量を変えて、温度を制御することができるからである。

【0050】

上記熱電対の金属線の接合部位の大きさは、各金属線の素線径と同一か、もしくは、それよりも大きく、かつ、0.5mm以下がよい。このような構成によって、接合部分の熱容量が小さくなり、温度が正確に、また、迅速に電流値に変換されるのである。このため、温度制御性が向上してウエハの加熱面の温度分布が小さくなるのである。

上記熱電対としては、例えば、JIS-C-1602（1980）に挙げられるように、K型、R型、B型、E型、J型、T型熱電対が挙げられる。

【0051】

セラミック基板の表面または内部に形成される抵抗発熱体は、少なくとも2以上の回路に分割されていることが望ましい。回路を分割することにより、各回路に投入する電力を制御して発熱量を変えることができ、シリコンウエハの加熱面の

温度を調整することができるからである。

【 0 0 5 2 】

抵抗発熱体のパターンとしては、例えば、同心円、渦巻き、偏心円、屈曲線などが挙げられるが、セラミック基板全体の温度を均一にすることができる点から、図 1 に示したような同心円状のものか、または、同心円形状と屈曲形状とを組み合わせたものが好ましい。

【 0 0 5 3 】

抵抗発熱体をセラミック基板の表面に形成する場合には、金属粒子を含む導体ペーストをセラミック基板の表面に塗布して所定パターンの導体ペースト層を形成した後、これを焼き付け、セラミック基板の表面で金属粒子を焼結させる方法が好ましい。なお、金属の焼結は、金属粒子同士および金属粒子とセラミックとが融着していれば充分である。

【 0 0 5 4 】

セラミック基板の表面に抵抗発熱体を形成する場合には、抵抗発熱体の厚さは、 $1 \sim 30 \mu\text{m}$ が好ましく、 $1 \sim 10 \mu\text{m}$ がより好ましい。また、セラミック基板の内部に抵抗発熱体を形成する場合には、その厚さは、 $1 \sim 50 \mu\text{m}$ が好ましい。

【 0 0 5 5 】

また、セラミック基板の表面に抵抗発熱体を形成する場合には、抵抗発熱体の幅は、 $0.1 \sim 20 \text{mm}$ が好ましく、 $0.1 \sim 5 \text{mm}$ がより好ましい。また、セラミック基板の内部に抵抗発熱体を形成する場合には、抵抗発熱体の幅は、 $5 \sim 20 \text{mm}$ が好ましい。

【 0 0 5 6 】

抵抗発熱体は、その幅や厚さにより抵抗値に変化を持たせることができるが、上記した範囲が最も実用的である。抵抗値は、薄く、また、細くなる程大きくなる。抵抗発熱体は、セラミック基板の内部に形成した場合の方が、厚み、幅とも大きくなるが、抵抗発熱体を内部に設けると、加熱面と抵抗発熱体との距離が短くなり、加熱面の温度の均一性が低下するため、抵抗発熱体自体の幅を広げる必要があること、内部に抵抗発熱体を設けるために、窒化物セラミック等との密着性

を考慮する必要性がないため、タングステン、モリブデンなどの高融点金属やタングステン、モリブデンなどの炭化物を使用することができ、抵抗値を高くすることが可能となるため、断線等を防止する目的で厚み自体を厚くしてもよい。そのため、抵抗発熱体は、上記した厚みや幅とすることが望ましい。

【0057】

抵抗発熱体は、断面形状が矩形であっても楕円であってもよいが、扁平であることが望ましい。扁平の方が加熱面に向かって放熱しやすいため、加熱面の温度分布ができにくいからである。

断面のアスペクト比（抵抗発熱体の幅／抵抗発熱体の厚さ）は、10～5000であることが望ましい。

この範囲に調整することにより、抵抗発熱体の抵抗値を大きくすることができるとともに、加熱面の温度の均一性を確保することができるからである。

【0058】

抵抗発熱体の厚さを一定とした場合、アスペクト比が上記範囲より小さいと、セラミック基板の加熱面方向への熱の伝搬量が小さくなり、抵抗発熱体のパターンに近似した熱分布が加熱面に発生してしまい、逆にアスペクト比が大きすぎると抵抗発熱体の中央の直上部分が高温となってしまう、結局、抵抗発熱体のパターンに近似した熱分布が加熱面に発生してしまう。従って、温度分布を考慮すると、断面のアスペクト比は、10～5000であることが好ましいのである。

【0059】

抵抗発熱体をセラミック基板の表面に形成する場合は、アスペクト比を10～200、抵抗発熱体12をセラミック基板の内部に形成する場合は、アスペクト比を200～5000とすることが望ましい。

抵抗発熱体は、セラミック基板の内部に形成した場合の方が、アスペクト比が大きくなるが、これは、抵抗発熱体を内部に設けると、加熱面と抵抗発熱体との距離が短くなり、表面の温度均一性が低下するため、抵抗発熱体自体を扁平にする必要があるからである。

【0060】

上記導体ペーストとしては特に限定されないが、導電性を確保するための金属粒

子または導電性セラミックが含有されているほか、樹脂、溶剤、増粘剤などを含むものが好ましい。

【 0 0 6 1 】

上記金属粒子としては、例えば、貴金属（金、銀、白金、パラジウム）、鉛、タングステン、モリブデン、ニッケルなどが好ましい。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。これらの金属は、比較的酸化しにくく、発熱するに十分な抵抗値を有するからである。

上記導電性セラミックとしては、例えば、タングステン、モリブデンの炭化物などが挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【 0 0 6 2 】

これら金属粒子または導電性セラミック粒子の粒径は、0.1～100 μm が好ましい。0.1 μm 未満と微細すぎると、酸化されやすく、一方、100 μm を超えると、焼結しにくくなり、抵抗値が大きくなるからである。

【 0 0 6 3 】

上記金属粒子の形状は、球状であっても、リン片状であってもよい。これらの金属粒子を用いる場合、上記球状物と上記リン片状物との混合物であってもよい。

上記金属粒子がリン片状物、または、球状物とリン片状物との混合物の場合は、金属粒子間の金属酸化物を保持しやすくなり、抵抗発熱体と窒化物セラミック等との密着性を確実にし、かつ、抵抗値を大きくすることができるため有利である。

【 0 0 6 4 】

導体ペーストに使用される樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂などが挙げられる。また、溶剤としては、例えば、イソプロピルアルコールなどが挙げられる。増粘剤としては、セルロースなどが挙げられる。

【 0 0 6 5 】

導体ペーストには、金属粒子に金属酸化物を添加し、抵抗発熱体と金属粒子および金属酸化物とを焼結させたものとするのが望ましい。このように、金属酸化物を金属粒子とともに焼結させることにより、セラミック基板である窒化物セラミック等と金属粒子とをより密着させることができる。

【 0 0 6 6 】

金属酸化物を混合することにより、窒化物セラミック等との密着性が改善される理由は明確ではないが、金属粒子表面や窒化物セラミック等の表面は、わずかに酸化されて酸化膜が形成されており、この酸化膜同士が金属酸化物を介して焼結して一体化し、金属粒子と窒化物セラミック等とが密着するのではないかと考えられる。また、セラミック基板を構成するセラミックが酸化物セラミックの場合は、当然に表面が酸化物からなるので、密着性に優れた導体層が形成される。

【 0 0 6 7 】

上記金属酸化物としては、例えば、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素 (B_2O_3)、アルミナ、イットリアおよびチタニアからなる群から選ばれる少なくとも1種が好ましい。

【 0 0 6 8 】

これらの酸化物は、抵抗発熱体 1 2 の抵抗値を大きくすることなく、金属粒子と窒化物セラミック等との密着性を改善することができるからである。

【 0 0 6 9 】

上記酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素 (B_2O_3)、アルミナ、イットリア、チタニアの割合は、金属酸化物の全量を 1 0 0 重量部とした場合、重量比で、酸化鉛が 1 ~ 1 0、シリカが 1 ~ 3 0、酸化ホウ素が 5 ~ 5 0、酸化亜鉛が 2 0 ~ 7 0、アルミナが 1 ~ 1 0、イットリアが 1 ~ 5 0、チタニアが 1 ~ 5 0 であって、その合計が 1 0 0 重量部を超えない範囲で調整されていることが望ましい。

これらの範囲で、これらの酸化物の量を調整することにより、特に窒化物セラミック等との密着性を改善することができる。

【 0 0 7 0 】

上記金属酸化物の金属粒子に対する添加量は、0. 1 重量%以上 1 0 重量%未満が好ましい。また、このような構成の導体ペーストを使用して抵抗発熱体 1 2 を形成した際の面積抵抗率は、1 ~ 4 5 m Ω / \square が好ましい。

【 0 0 7 1 】

面積抵抗率が 4 5 m Ω / \square を超えると、印加電圧量に対して発熱量は大きくなり

すぎて、セラミック基板の表面に抵抗発熱体 1 2 を設けたセラミック基板 1 1 では、その発熱量を制御しにくいからである。なお、金属酸化物の添加量が 1 0 重量%以上であると、面積抵抗率が $50 \text{ m}\Omega/\square$ を超えてしまい、発熱量が大きくなりすぎて温度制御が難しくなり、温度分布の均一性が低下する。

【0072】

抵抗発熱体がセラミック基板の表面に形成される場合には、抵抗発熱体の表面部分に、金属被覆層が形成されていることが望ましい。内部の金属焼結体が酸化されて抵抗値が変化するのを防止するためである。形成する金属被覆層の厚さは、 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ が好ましい。

【0073】

金属被覆層を形成する際に使用される金属は、非酸化性の金属であれば特に限定されないが、具体的には、例えば、金、銀、パラジウム、白金、ニッケル等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2 種以上を併用してもよい。これらのなかでは、ニッケルが好ましい。

【0074】

抵抗発熱体には、電源と接続するための端子が必要であり、この端子は、半田を介して抵抗発熱体に取り付けるが、ニッケルは、半田の熱拡散を防止するからである。接続端子としては、例えば、コバール製のものが挙げられる。

【0075】

なお、抵抗発熱体をセラミック基板の内部に形成する場合には、抵抗発熱体表面が酸化されることがないため、被覆は不要である。抵抗発熱体をセラミック基板内部に形成する場合、抵抗発熱体の一部が表面に露出していてもよく、抵抗発熱体を接続するためのスルーホールが端子部分に設けられ、このスルーホールに外部端子が接続、固定されていてもよい。

【0076】

外部端子 1 3 を接続する場合、半田としては、銀-鉛、鉛-スズ、ビスマス-スズなどの合金を使用することができる。なお、半田層の厚さは、 $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$ が好ましい。半田による接続を確保するのに十分な範囲だからである。

【0077】

次に、本発明のセラミックヒータの製造方法について説明する。

まず、セラミック基板 1 1 の底面に抵抗発熱体が形成されたセラミックヒータ（図 1 ～ 2 参照）の製造方法について、図 4（a）～（c）に基づいて説明する。

【0078】

(1) セラミック基板の作製工程

平均粒子径 0. 2 ～ 1. 5 μm の窒化アルミニウム等のセラミックの粉末に、必要に応じて、イットリア（ Y_2O_3 ）等の焼結助剤、Na、Ca を含む化合物、バインダ等を配合してスラリーを調製した後、このスラリーをスプレードライ等の方法で顆粒状にし、この顆粒を金型などに入れて加圧することにより板状などに成形し、生成形体（グリーン）を作製する。

イットリアを添加する場合の添加量は、例えば、窒化アルミニウム粉末 1 0 0 重量部に対して、0. 5 重量部以下が好ましい。

【0079】

次に、生成形体に、必要に応じて、シリコンウエハ 9 等の被加熱物を運搬等するためのリフターピン 1 6 を挿入する貫通孔 1 5 となる部分や熱電対などの測温素子を埋め込むための有底孔 1 4 となる部分等を形成する。

【0080】

次に、この生成形体を加熱、焼成して焼結させ、セラミック製の板状体を製造する。この後、所定の形状に加工することにより、セラミック基板 1 1 を作製する（図 4（a）参照）が、焼成後にそのまま使用することができる形状としてもよい。また、例えば、上下より加圧しながら加熱、焼成を行うことにより、気孔のないセラミック基板 1 1 を製造することが可能となる。加熱、焼成は、例えば、窒化物セラミックでは、焼成温度は、1 6 0 0 以上 1 8 0 0 $^{\circ}\text{C}$ 未満が好ましく、加圧の圧力は、1 0 ～ 2 5 MPa が好ましい。

【0081】

なお、通常は、焼成を行った後に、貫通孔 1 5 や測温素子を挿入するための有底孔 1 4 を設ける。貫通孔 1 5 等は、表面研磨後に、SiC 粒子等を用い、サンドブラスト等のブラスト処理を行うことにより形成することができる。

【0082】

(2) セラミック基板に導体ペーストを印刷する工程

導体ペーストは、一般に、金属粒子、樹脂、溶剤からなる粘度の高い流動物である。この導体ペーストをスクリーン印刷などを用い、抵抗発熱体を設けようとする部分に印刷を行うことにより、導体ペースト層を形成する。抵抗発熱体は、セラミック基板全体を均一な温度にする必要があることから、図 1 に示すような同心円形状からなるパターンに印刷することが望ましい。

導体ペースト層は、焼成後の抵抗発熱体 1 2 の断面が、方形で、偏平な形状となるように形成することが望ましい。

【 0 0 8 3 】

(3) 導体ペーストの焼成

セラミック基板 1 1 の底面に印刷した導体ペースト層を加熱焼成して、樹脂、溶剤を除去するとともに、金属粒子を焼結させ、セラミック基板 1 1 の底面に焼き付け、抵抗発熱体 1 2 を形成する（図 4（b）参照）。加熱焼成の温度は、5 0 0 ～ 1 0 0 0 ℃ が好ましい。

導体ペースト中に上述した金属酸化物を添加しておくこと、金属粒子、セラミック基板および金属酸化物が焼結して一体化するため、抵抗発熱体とセラミック基板との密着性が向上する。

【 0 0 8 4 】

(4) 金属被覆層の形成

通常、抵抗発熱体 1 2 表面に、抵抗発熱体 1 2 の酸化等を防止するために金属被覆層 1 2 a を設ける（図 4（c）参照）。金属被覆層 1 2 a は、電解めっき、無電解めっき、スパッタリング等により形成することができるが、量産性を考慮すると、無電解めっきが最適である。

【 0 0 8 5 】

(5) 端子等の取り付け

抵抗発熱体 1 2 のパターンの端部に電源との接続のための端子（外部端子 1 3）を半田層 1 7 0 を介して取り付ける（図 4（d）参照）。また、有底孔 1 4 に熱電対を入れ、ポリイミド等の耐熱樹脂等を用いて封止し、セラミックヒータの製造を終了する。

【 0 0 8 6 】

次に、セラミック基板 1 1 の内部に抵抗発熱体 1 2 が形成されたセラミックヒータ（図 3 参照）の製造方法について、図 5（a）～（d）に基づいて説明する。

（1）セラミック基板の作製工程

まず、平均粒子径 0. 2 ～ 1. 5 μ m の窒化物セラミック等のセラミックの粉末をバインダ、溶剤等と混合してペーストを調製し、これを用いてグリーンシートを作製する。

【 0 0 8 7 】

上述したセラミック粉末としては、例えば、窒化アルミニウムなどを使用することができ、必要に応じて、イットリア等の焼結助剤、N a、C a を含む化合物等を加えてもよい。

イットリアを添加する場合の添加量は、例えば、窒化アルミニウム粉末 1 0 0 重量部に対して、0. 5 重量部以下が好ましい。

また、バインダとしては、アクリル系バインダ、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニラールから選ばれる少なくとも 1 種が望ましい。

【 0 0 8 8 】

さらに溶媒としては、 α -テルピネオール、グリコールから選ばれる少なくとも 1 種が望ましい。

これらを混合して得られるペーストをドクターブレード法でシート状に成形してグリーンシート 5 0 を作製する。

グリーンシート 5 0 の厚さは、0. 1 ～ 5 mm が好ましい。

【 0 0 8 9 】

次に、得られたグリーンシート 5 0 に、必要に応じて、シリコンウエハ等の被加熱物を運搬等するためのリフターピンを挿入する貫通孔 2 5 となる部分、熱電対などの測温素子を埋め込むための有底孔となる部分、抵抗発熱体を外部の端子ピンと接続するためのスルーホール 2 8 となる部分等を形成する。後述するグリーンシート積層体を形成した後に、上記加工を行ってもよい。

【 0 0 9 0 】

（2）グリーンシート上に導体ペーストを印刷する工程

グリーンシート 50 上に、抵抗発熱体を形成するための金属ペーストまたは導電性セラミックを含む導体ペーストを印刷し、導体ペースト層 220 を形成し、貫通項にスルーホール 28 用の導体ペースト充填層 280 を形成する。

これらの導体ペースト中には、金属粒子または導電性セラミック粒子が含まれている。

【0091】

タングステン粒子またはモリブデン粒子の平均粒子径は、 $0.1 \sim 5 \mu\text{m}$ が好ましい。平均粒子径が $0.1 \mu\text{m}$ 未満であるか、 $5 \mu\text{m}$ を超えると、導体ペーストを印刷しにくいからである。

このような導体ペーストとしては、例えば、金属粒子または導電性セラミック粒子 85～87 重量部；アクリル系、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニラールから選ばれる少なくとも 1 種のバインダ 1.5～10 重量部；および、 α -テルピネオール、グリコールから選ばれる少なくとも 1 種の溶媒を 1.5～10 重量部を混合した組成物（ペースト）が挙げられる。

【0092】

(3) グリーンシートの積層工程

導体ペーストを印刷していないグリーンシート 50 を、導体ペーストを印刷したグリーンシート 50 の上下に積層する（図 5（a）参照）。

このとき、導体ペーストを印刷したグリーンシート 50 が積層したグリーンシートの厚さに対して、底面から 60% 以下の位置になるように積層する。

具体的には、上側のグリーンシートの積層数は 20～50 枚が、下側のグリーンシートの積層数は 5～20 枚が好ましい。

【0093】

(4) グリーンシート積層体の焼成工程

グリーンシート積層体の加熱、加圧を行い、グリーンシート中のセラミック粉末および内部の導体ペースト中の金属等を焼結させる（図 5（b）参照）。

例えば、窒化物セラミックでは、加熱温度は、 1600 以上 1800°C 未満が好ましく、加圧の圧力は、 $10 \sim 25 \text{MPa}$ が好ましい。加熱は、不活性ガス雰囲気中で行う。不活性ガスとしては、例えば、アルゴン、窒素などを使用すること

ができる。

なお、通常は、焼成を行った後に、測温素子を挿入するための有底孔やリフターピンを挿通するための貫通孔 2 5、スルーホール 2 8 を露出させる袋孔 2 7 を形成する（図 5（c）参照）。貫通孔 2 5 や有底孔は、表面研磨後に、サンドブラスト等をブラスト処理を行うことにより形成することができる。

【 0 0 9 4 】

(5) 端子等の取付け

内部の抵抗発熱体 2 2 と接続するため、スルーホール 2 8 の露出した部分に半田ペースト等を塗布した後、袋孔 2 7 の内部に外部端子 2 3 を挿入し、加熱、リフローすることにより外部端子 1 3 を接続する（図 5（d）参照）。

さらに、測温素子としての熱電対などを有底孔に挿入し、ポリイミドなどの耐熱性樹脂等で封止し、セラミックヒータの製造を終了する。

【 0 0 9 5 】

なお、本発明のセラミックヒータでは、静電電極を設けて静電チャックとして使用することができ、また、表面にチャップトップ導体層を設け、内部にガード電極やグランド電極を設けることによりウエハプローバとして使用することができる。

【 0 0 9 6 】

【実施例】

以下、本発明をさらに詳細に説明する。

（実施例 1）外部に抵抗発熱体を有するセラミックヒータの製造（図 4 参照）

(1) 窒化アルミニウム粉末（平均粒径：0.6 μ m）100 重量部、イットリア（平均粒径：0.4 μ m）0.3 重量部、アクリルバイнда 12 重量部およびアルコールからなる組成物のスプレードライを行い、顆粒状の粉末を作製した。

【 0 0 9 7 】

(2) 次に、この顆粒状の粉末を金型に入れ、平板状に成形して生成形体（グリーン）を得た。

【 0 0 9 8 】

(3) 加工処理の終わった生成形体を 1700℃、圧力：20MPa でホットプレス

し、厚さがほぼ 3 mm の窒化アルミニウム板状体を得た。

次に、この板状体から直径 210 mm の円板体を切り出し、セラミック製の板状体（セラミック基板 11）とした。この成形体にドリル加工を施し、シリコンウエハのリフターピン 16 を挿入する貫通孔 15 となる部分、熱電対を埋め込むための有底孔 14 となる部分（直径：1.1 mm、深さ：2 mm）を形成した（図 4（a））。

【0099】

(4) 上記(3) で得た板状体に、スクリーン印刷にて導体ペーストを印刷した。印刷パターンは、図 1 に示したような同心円状のパターンとした。

上記導体ペーストとしては、プリント配線板のスルーホール形成に使用されている徳力化学研究所製のソルベスト PS603D を使用した。

この導体ペーストは、銀-鉛ペーストであり、銀 100 重量部に対して、酸化鉛（5 重量%）、酸化亜鉛（55 重量%）、シリカ（10 重量%）、酸化ホウ素（25 重量%）およびアルミナ（5 重量%）からなる金属酸化物を 7.5 重量部含むものであった。また、銀粒子は、平均粒径が 4.5 μm で、リン片状のものであった。

【0100】

(5) 次に、導体ペーストを印刷したセラミック基板 11 を 780℃ で加熱、焼成して、導体ペースト中の銀、鉛を焼結させるとともにセラミック基板 11 に焼き付け、抵抗発熱体 12 を形成した（図 4（b））。銀-鉛の抵抗発熱体は、厚さが 5 μm 、幅 2.4 mm、面積抵抗率が 7.7 Ω/\square であった。

【0101】

(6) 硫酸ニッケル 80 g/l、次亜リン酸ナトリウム 24 g/l、酢酸ナトリウム 12 g/l、ほう酸 8 g/l、塩化アンモニウム 6 g/l の濃度の水溶液からなる無電解ニッケルめっき浴に上記(6) で作製したセラミック基板 11 を浸漬し、銀-鉛の抵抗発熱体 12 の表面に厚さ 1 μm の金属被覆層（ニッケル層） 12a を析出させた（図 4（c））。

【0102】

(7) 電源との接続を確保するための外部端子 13 を取り付ける部分に、スクリー

ン印刷により、A g - S n 半田ペースト（田中貴金属社製）を印刷して半田層を形成した。

次いで、半田層の上にコパール製の外部端子 1 3 を載置して、7 0 0 ℃で加熱リフローし、外部端子 1 3 を抵抗発熱体 1 2 の表面に取り付けた（図 4（d））。

【0 1 0 3】

(8) 温度制御のための熱電対をポリイミドで封止し、セラミックヒータ 1 0 を得た。

【0 1 0 4】

（実施例 2）内部に抵抗発熱体を有するセラミックヒータの製造（図 5 参照）

(1) 窒化アルミニウム粉末（トクヤマ社製 平均粒径：0. 6 μ m）1 0 0 重量部、イットリア（平均粒径：0. 4 μ m）0. 2 重量部、アクリルバイнда 1 1. 5 重量部、分散剤 0. 5 重量部および 1 - ブタノールとエタノールとからなるアルコール 5 3 重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法により成形を行って、厚さ 0. 4 7 m m のグリーンシートを得た。

【0 1 0 5】

(2) 次に、このグリーンシートを 8 0 ℃で 5 時間乾燥させた後、パンチングにより抵抗発熱体と端子ピンとを接続するためのスルーホールとなる部分を設けた。

【0 1 0 6】

(3) 平均粒径 1 μ m のタングステンカーバイト粒子 1 0 0 重量部、アクリル系バイнда 3. 0 重量部、 α -テルピネオール溶媒 3. 5 重量部および分散剤 0. 3 重量部を混合して導体ペースト A を調製した。

【0 1 0 7】

平均粒径 3 μ m のタングステン粒子 1 0 0 重量部、アクリル系バイнда 1. 9 重量部、 α -テルピネオール溶媒 3. 7 重量部および分散剤 0. 2 重量部を混合して導体ペースト B を調製した。

この導体ペースト A をグリーンシートにスクリーン印刷で印刷し、導体ペースト層を形成した。印刷パターンは、図 1 に示したような同心円パターンとした。また、端子ピンを接続するためのスルーホール用の貫通孔に導体ペースト B を充填した。

【 0 1 0 8 】

上記処理の終わったグリーンシート 50 に、さらに、タングステンペーストを印刷しないグリーンシート 50 を上側（加熱面）に 37 枚、下側に 13 枚、130℃、8MPa（80kgf/cm²）の圧力で積層した（図 5（a））。

【 0 1 0 9 】

(4) 次に、得られた積層体を窒素ガス中、600℃で5時間脱脂し、1750℃、圧力15MPa（150kgf/cm²）で3時間ホットプレスし、厚さがほぼ3mmの窒化アルミニウム板状体を得た。これを215mmの円板状に切り出し、内部に厚さ6μm、幅10mmの導体層を有するセラミック基板を得た（図 5（b））。

この後、ドリル加工により、リフターピンを挿通する貫通孔 25 および有底孔（直径：1.2mm、深さ：2.0mm）を設けた。

【 0 1 1 0 】

(5) 次に、スルーホール用の貫通孔の一部をえぐり取って袋孔 27 とし（図 5（c））、この袋孔 27 に Ni-Au からなる金ろうを用い、700℃で加熱リフローしてコパール製の端子ピンを接続させた（図 5（d））。また、温度制御のための複数の熱電対を有底孔に埋め込み、その内部に導体層として抵抗発熱体を有するセラミックヒータの製造を完了した。

【 0 1 1 1 】

（比較例 1）表面に抵抗発熱体を有するセラミックヒータの製造

窒化アルミニウム粉末（平均粒子径：1.1μm）100重量部、イットリア（平均粒子径：0.4μm）4重量部、アクリルバイнда 12重量部およびアルコールからなる組成物のスプレードライを行い、顆粒状の粉末を作製し、生成形体（グリーン）を得た後、温度：1950℃、圧力：20MPa で焼成処理を行った以外は、実施例 1 と同様にしてセラミックヒータを製造した。

（比較例 2）

比較例 2 では、焼成を 1950℃で行った以外は、実施例 1 と同様にした。

【 0 1 1 2 】

実施例 1、2 および比較例 1、2 で製造したセラミックヒータを用いて、シリコ

ンウエハを400℃まで昇温した後室温まで降温し、再度400℃まで昇温するヒートサイクル試験を100回繰り返した後、シリコンウエハのパーティクル数、および、セラミック基板のセラミック粒子の平均粒子径を測定し、破壊断面の状態を観察した。この際に撮影されたSEM写真を図6～9に示す。なお、図6は、実施例1の結果を示すSEM写真であり、図7は、実施例2の結果を示すSEM写真であり、図8は、比較例1の結果を示すSEM写真であり、図9は、比較例2の結果を示すSEM写真である。また、図10は、焼成温度（焼結助剤）と粒子径の関係を示したグラフである。

また、このセラミックヒータを構成するセラミック基板について、熱伝導率、熱膨張係数、曲げ強度、および、破壊靱性値を測定した。その結果を下記の表1に示した。

【0113】

評価方法

（1）パーティクル数の測定

シリコンウエハを載置し、 50 kg/cm^2 の荷重をかけ、シリコンウエハの任意の10箇所を電子顕微鏡で観察撮影して粒子径 $2\text{ }\mu\text{m}$ 以上のものの個数を計測し、撮影視野面積で除した。

【0114】

（2）平均粒子径の測定

破壊断面を電子顕微鏡にて5000倍で観察し、任意のセラミック粒子20個の直径を計測し、その値を平均した。

【0115】

（3）破壊断面の状態の観察

破壊断面を電子顕微鏡にて8000倍で観察し、粒子内破壊であるか否かを確認した。

【0116】

（4）熱伝導率の測定

a. 使用機器

リガクレーザーフラッシュ法熱定数測定装置

L F / T C M - F A 8 5 1 0 B

b. 試験条件

温度・・・常温

雰囲気・・・真空

c. 測定方法

・比熱測定における温度検出は、試料裏面に銀ペーストで接着した熱電対（プラチネル）により行った。

・常温比熱測定はさらに試料上面に受光板（グラッシーカーボン）をシリコングリースを介して接着した状態で行い、試料の比熱（ C_p ）は、下記の計算式（1）により求めた。

【0117】

【数1】

$$C_p = \left\{ \frac{\Delta O}{\Delta T} - C_{p_{G.C}} \cdot W_{G.C} - C_{p_{S.G}} \cdot W_{S.G} \right\} \frac{1}{W} \quad \dots (1)$$

【0118】

上記計算式（1）において、 ΔO は、入力エネルギー、 ΔT は、試料の温度上昇の飽和値、 $C_{p_{G.C}}$ は、グラッシーカーボンの比熱、 $W_{G.C}$ は、グラッシーカーボンの重量、 $C_{p_{S.G}}$ は、シリコングリースの比熱、 $W_{S.G}$ は、シリコングリースの重量、 W は、試料の重量である。

【0119】

（5）曲げ強度の測定

強度の測定は、インストロン万能試験機（4507型 ロードセル：500kgf）を用い、温度が25℃の大気中、クロスヘッド速度：0.5mm/分、スパン距離L：30mm、試験片の厚さ：3.06mm、試験片の幅：4.03mmで実施し、以下の計算式（2）を用いて3点曲げ強度 σ （kgf/mm²）を算出した。なお、表1では、単位を換算して、MPaで表現している。

【0120】

$$\sigma = 3 P L / 2 w t^2 \quad \dots (2)$$

【0121】

上記計算式(2)中、Pは、試験片が破壊したときの最大荷重(kgf)であり、Lは、下支点間の距離(30mm)であり、tは、試験片の厚さ(mm)であり、wは、試験片の幅(mm)である。

【0122】

(6) 破壊靱性値の測定

破壊靱性値は、ビッカース硬度計(明石製作所社製 MVK-D型)を用い、圧子を表面に圧入し、発生したクラック長さを測定し、これを以下の計算式(3)を用いて計算した。

$$\text{破壊靱性値} = 0.026 \times E^{1/2} \times 0.5 \times P^{1/2} \times a \times C^{-3/2} \dots (3)$$

ただし、Eは、ヤング率(3.18×10^{11} Pa)、Pは、押し込み荷重(98 N)、aは、圧痕対角線平均長さの半分(m)、Cは、クラックの長さの平均の半分(m)である。

【0123】

【表 1】

	パーテイクル (個/cm ²)	平均粒子径 (μm)	破壊面	熱伝導率 (W/mk)	熱膨張係数 (×10 ⁻⁶ /°C)	曲げ強度 (MPa)	破壊靱性値 (MPam ^{1/2})
実施例 1	0. 5	0. 8	粒子内破壊	8 5	4. 4 1	4 7 1. 6	2. 4 7
実施例 2	0. 5	1. 0	粒子内破壊	8 5	4. 4 1	4 7 1. 6	2. 4 7
比較例 1	5	5. 4	粒界破壊	1 7 5	4. 4 5	3 9 6. 9	3. 0 6
比較例 2	2	2. 5	粒子内破壊	8 8	4. 4 2	4 7 5. 0	2. 4 0

【0 1 2 4】

表 1 に示した結果より明らかなように、実施例 1、2 に係るセラミックヒータのセラミック粒子の平均粒子径は $2\ \mu\text{m}$ 以下であり、その破壊断面は粒子内破壊であった。これらのセラミックヒータを用いてシリコンウエハを加熱すると、シリコンウエハに粒子径が $2\ \mu\text{m}$ 以上のパーティクルは観察されず、 $2\ \mu\text{m}$ 未満の粒子も極少量であり、シリコンウエハ上に回路等を形成することができた。

【0125】

一方、比較例 1 に係るセラミックヒータのセラミック粒子の平均粒子径は、 $5.4\ \mu\text{m}$ と $2\ \mu\text{m}$ 以上であり、その破壊断面は粒子境界破壊であった。このセラミックヒータを用いてシリコンウエハを加熱すると、シリコンウエハに粒子径が $2\ \mu\text{m}$ 以上のパーティクルが多数観察され、シリコンウエハ上に回路等を形成すると短絡等の不良が発生し、使用することができなかった。

また、比較例 2 では、平均粒子径が $2.5\ \mu\text{m}$ と大きかった。

図 10 に示したように、焼成温度が高くなるに従い、また、焼結助剤の量が多くなるに従い、平均粒子径が大きくなる。

【0126】

【発明の効果】

以上説明のように、本発明のセラミックヒータは、セラミックヒータを構成するセラミック粒子の平均粒子径が $2\ \mu\text{m}$ 以下であるので、シリコンウエハを汚染することなく、良好に加熱することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明のセラミックヒータの一例を模式的に示す平面図である。

【図 2】

図 1 に示したセラミックヒータの拡大断面図である。

【図 3】

本発明のセラミックヒータの他の一例を模式的に示す平面図である。

【図 4】

(a) ～ (d) は、図 1 に示したセラミックヒータの製造工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図 5】

(a) ～ (d) は、図 3 に示したセラミックヒータの製造工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図 6】

実施例 1 で得られたセラミック基板の破壊断面の S E M 写真である。

【図 7】

実施例 2 で得られたセラミック基板の破壊断面の S E M 写真である。

【図 8】

比較例 1 で得られたセラミック基板の破壊断面の S E M 写真である。

【図 9】

比較例 2 で得られたセラミック基板の破壊断面の S E M 写真である。

【図 1 0】

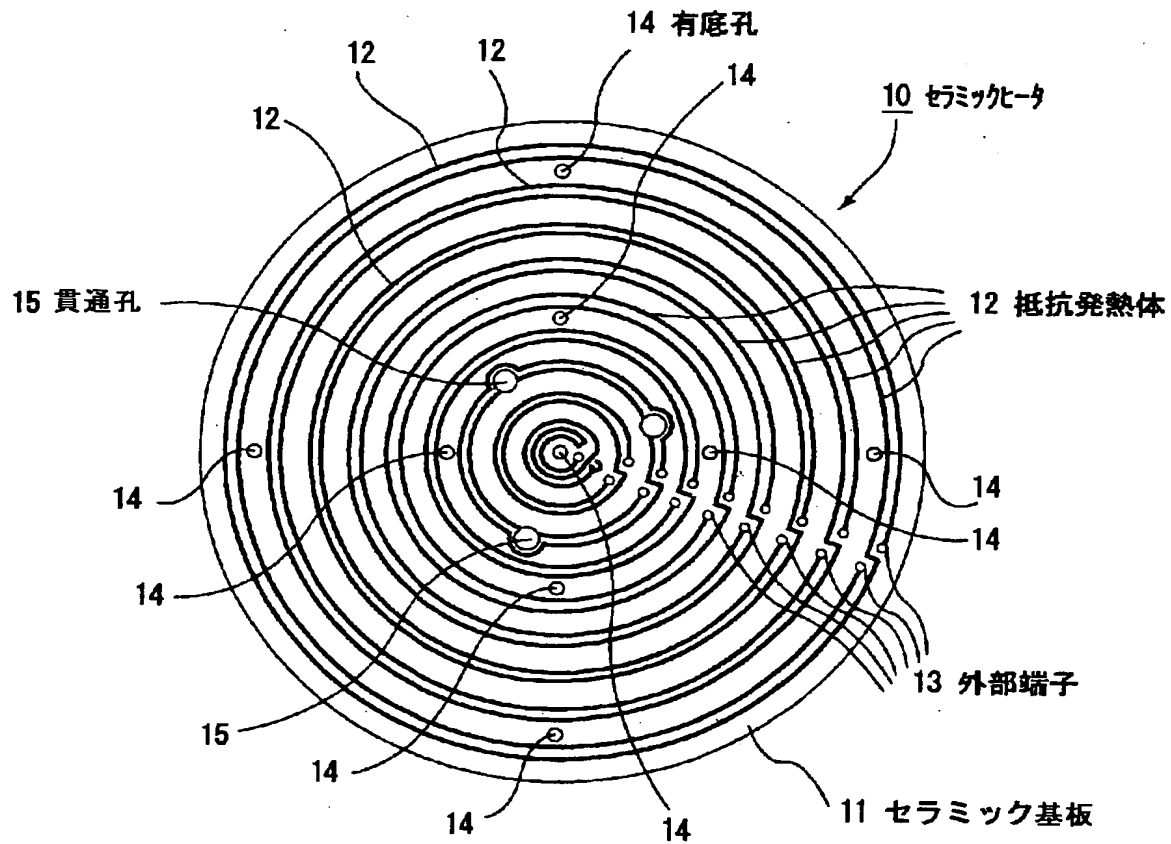
焼成温度（焼結助剤）と粒子径との関係を示したグラフである。

【符号の説明】

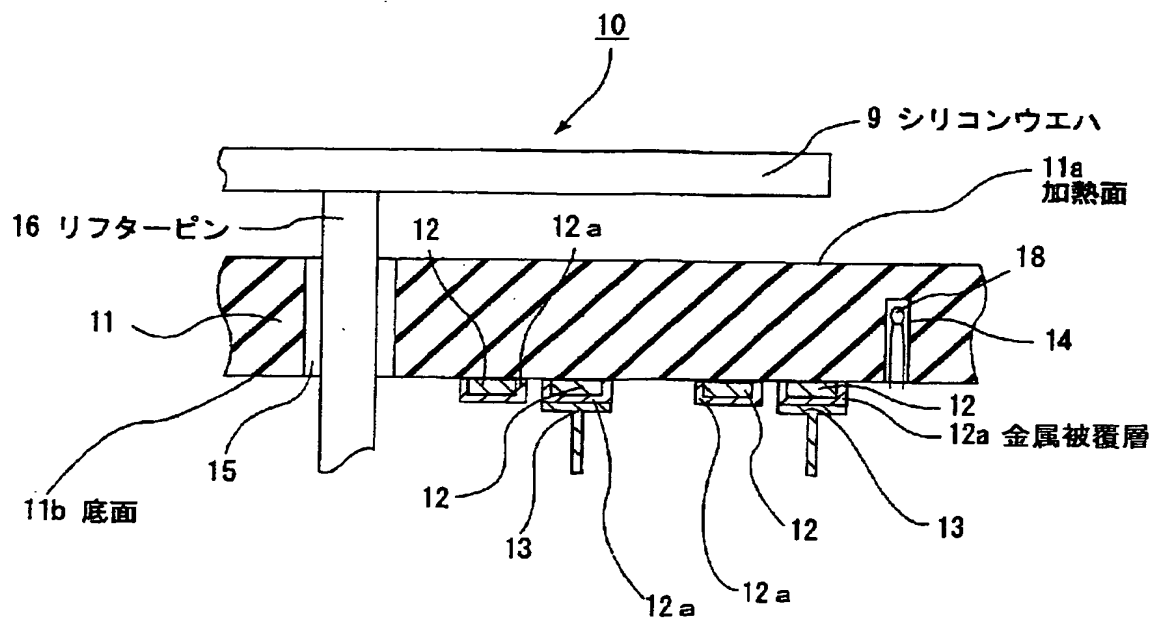
- 9 シリコンウエハ
- 1 0 セラミックヒータ
- 1 1 セラミック基板
 - 1 1 a 加熱面
 - 1 1 b、2 1 b 底面
- 1 2、2 2 抵抗発熱体
- 1 3、2 3 外部端子
- 1 4 有底孔
- 1 5、2 5 貫通孔
- 1 6 リフターピン
- 2 4 ろう材
- 2 7 袋孔
- 2 8 スルーホール

【書類名】 図面

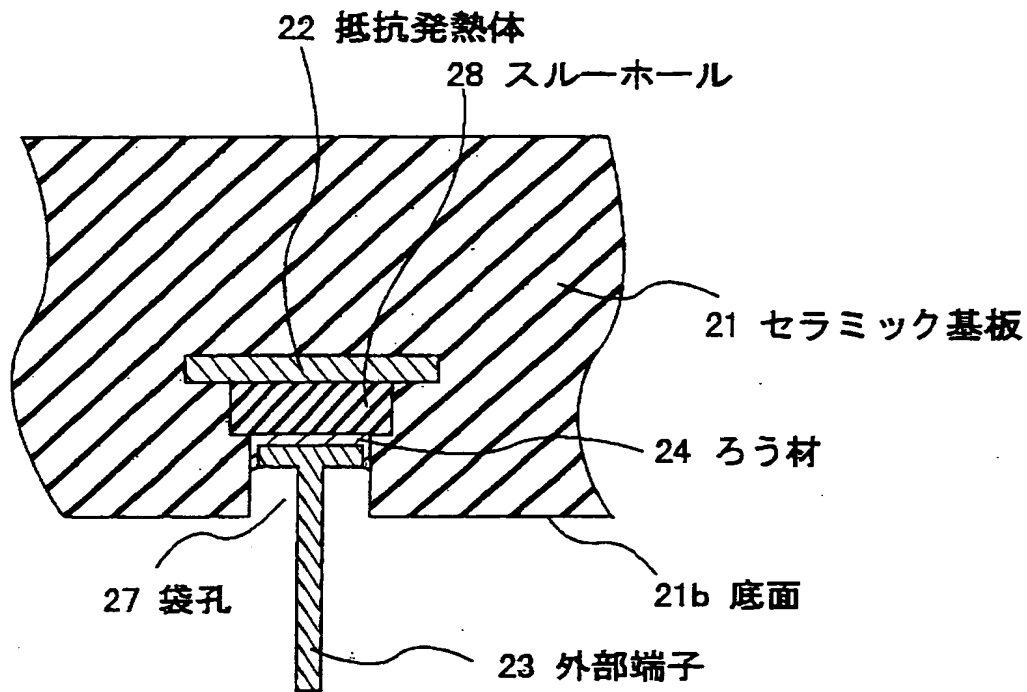
【図 1】



【図 2】

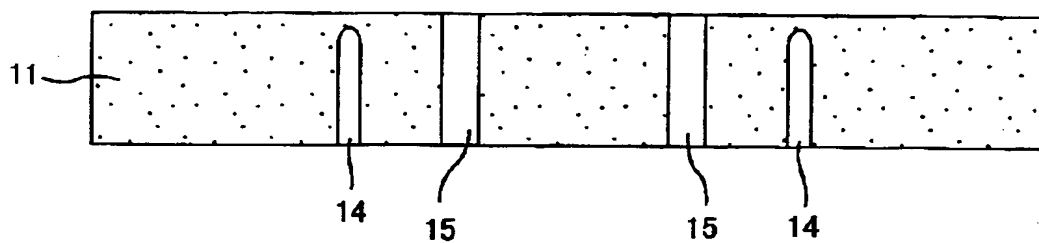


【図 3】

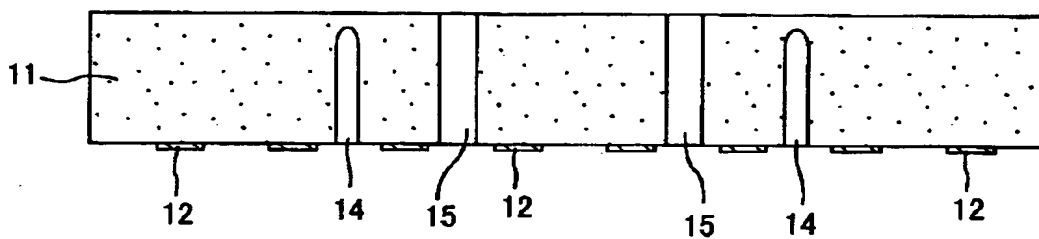


【図 4】

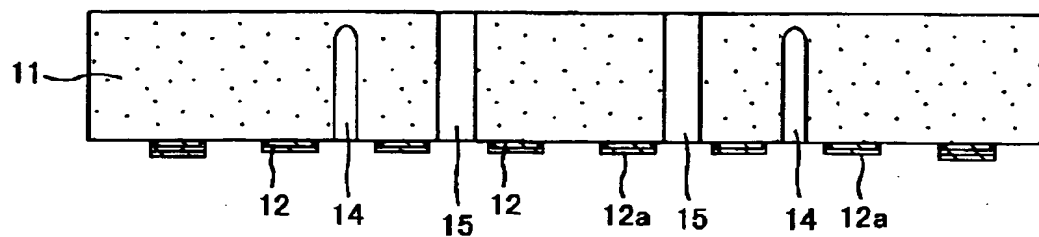
(a)



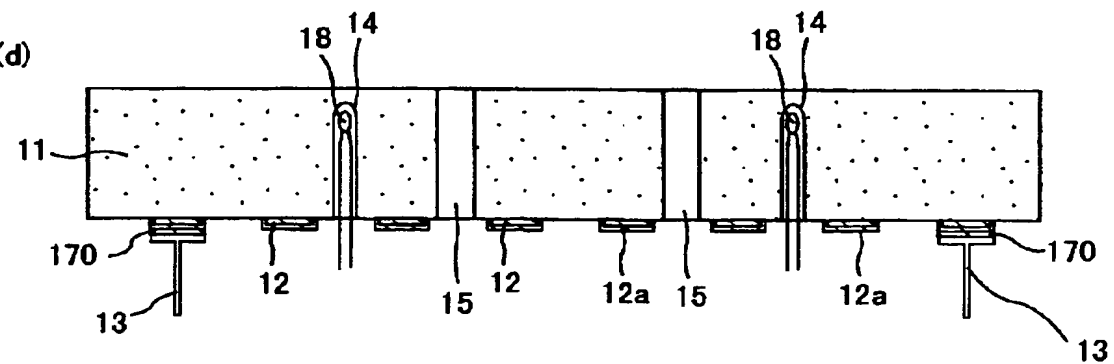
(b)



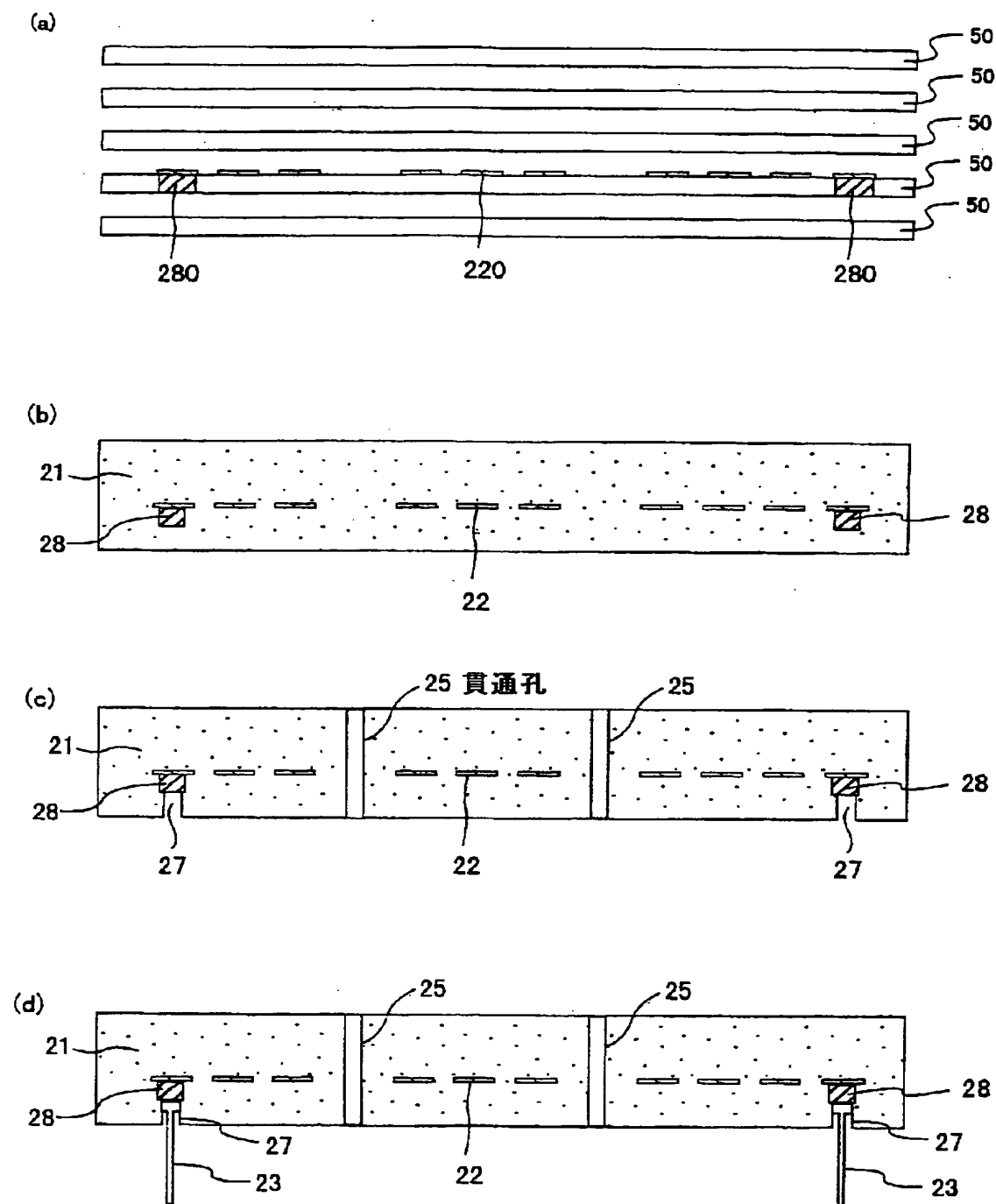
(c)



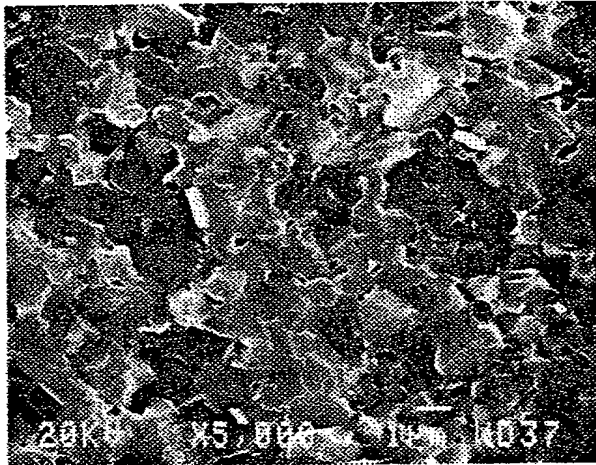
(d)



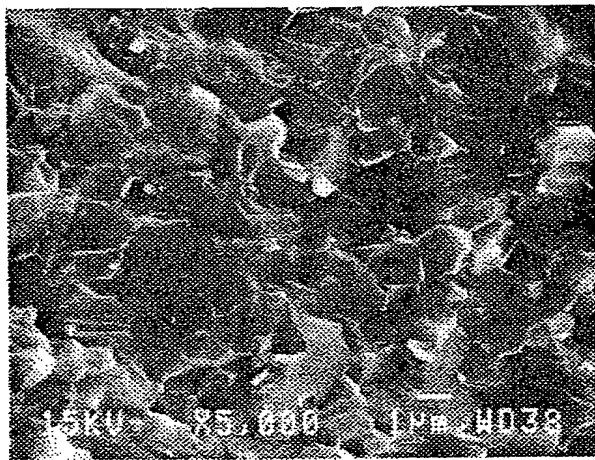
【図 5】



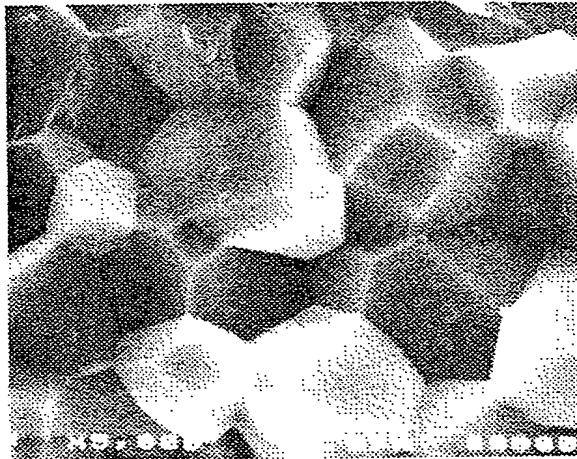
【図 6】



【図 7】

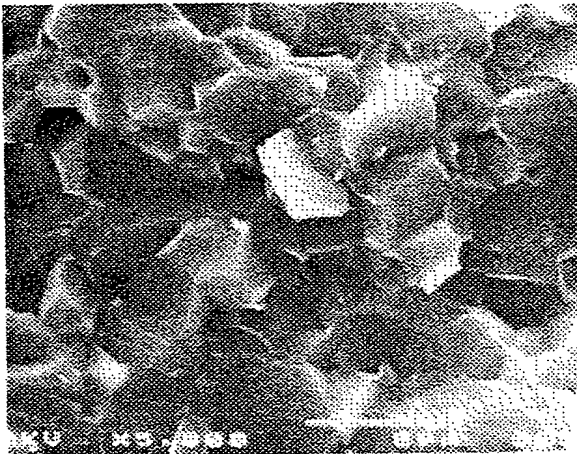


【図 8】

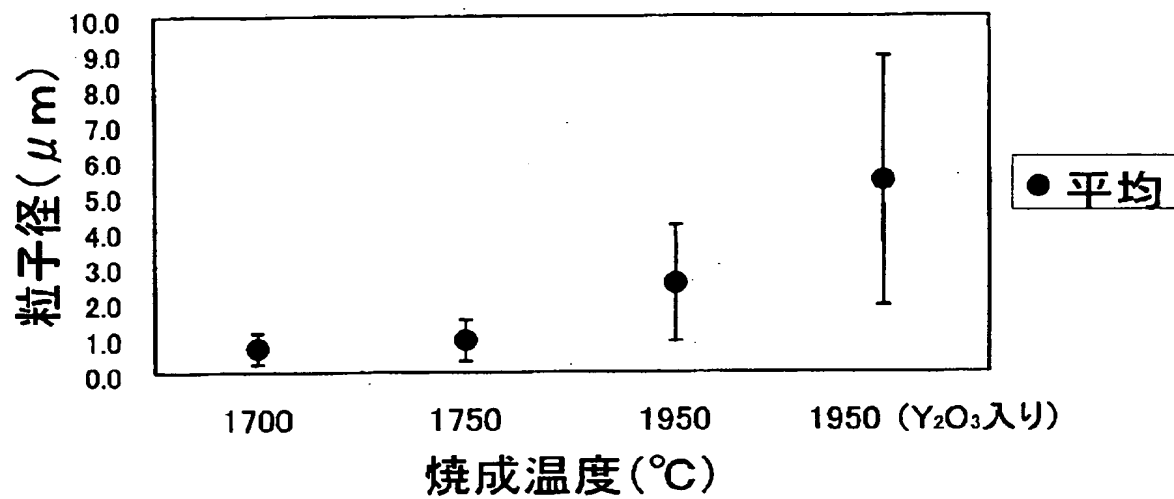


× 5000

【図 9】



【図 1 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 シリコンウエハ等の被加熱物をパーティクルで汚染することのない、セラミックヒータを提供すること。

【解決手段】 セラミック基板の表面または内部に導電体が形成されてなるセラミック基板であって、上記セラミック基板のセラミック粒子の平均粒子径が、 $2\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするセラミックヒータ。

【選択図】 なし

特 2000-202826

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2000-202826
受付番号	50000840080
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成12年 7月 5日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年 7月 4日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000158]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	岐阜県大垣市神田町2丁目1番地
氏 名	イビデン株式会社

